

АНАЛИЗ УДАРНЫХ СПОСОБОВ БУРЕНИЯ

Л.Е. Кушнер, Е.А. Исаев

Научный руководитель - доцент А.В. Ковалев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Сегодня большинство скважин на нефть и газ бурятся с применением долот, имеющих вооружение PDC. При этом горная порода разрушается под действием резания. Данный механизм разрушения горных пород не является безальтернативным. Так, до сих пор широко применяются шарошечные долота, работающие в режиме дробяще-скалывающего действия. Принцип разрушения горных пород, основанный на динамическом воздействии, используется в ударном бурении, на сегодняшний день для бурения скважин на нефть и газ практически забытом. Вместе с тем, ударное бурение не забыто и получило широкое распространение. Ударные способы бурения применяются в шахтах и штольнях, в открытых горных выработках. Широко используются различные конструкции пневмоударников.

Обзор литературных источников показывает, что несмотря на широкое применение способов бурения, основанных на ударном воздействии на горную породу, подробная классификация данных способов отсутствует. Это можно объяснить разрозненностью данных способов бурения, как по областям применения, так и по механизмам реализации, так и по периодам изобретения и применения. Таким образом, актуальность приобретает разработка подобной классификации.

Цель статьи – систематизация и анализ ударных способов бурения. Для выполнения данной цели необходимо:

- выделить классификационные признаки, характеризующие ударные способы бурения;
- по предложенной классификации систематизировать рассматриваемые способы;
- проанализировать перспективность использования каждого из способов с точки зрения применения при бурении скважин на нефть и газ.

Литературный обзор позволил выделить следующие способы ударного бурения: ударно-канатный, ударно-штанговый, вращательно-ударный, ударно-вращательный, шароструйный. Авторами предложена классификация данных способов бурения (Таблица 1).

Таблица

Основные параметры ударных способов бурения

	Диаметр скв., мм	Глубина скв., м	Частота ударов, с ⁻¹	Частота вращения, об/мин	Категория пород по буримости	Транспортировка выбуренной породы
Ударно-канатный	145–900	до 500	<1	-	IV–VII	сбор желонкой
Ударно-штанговый	200–250	до 200	0,7–1,5	до 150	III–VII	сбор желонкой / промывка
Вращательно-ударный	92–160	до 1500	33–67	до 300	IV–XII	продувка / промывка
Ударно-вращательный	59–151	до 2000	16–50	20–60	VI–XI	продувка / промывка
Шароструйный	до 300	до 500	до 120	-	VI–X	промывка

Ударно-канатный способ бурения является древнейшим. Разрушение горной породы происходит за счёт кратковременной ударной нагрузки инструмента на горную породу. Клинообразный инструмент устанавливается на устье скважины и набирает скорость при свободном падении, в результате чего образуется скол секторов породы [6]. Данный способ обеспечивает углубку скважины кольцевым забоем и получение керновой пробы с малонарушенной структурой. Способ реализуется с применением лёгких буровых установок [9]. Ударно-канатный способ позволяет получить наибольший диаметр скважины по сравнению с другими рассматриваемыми – до 900 мм. Малая частота ударов обусловлена типом конструкции ударного механизма и самой технологии бурения. После образования шлама для его сбора необходим спуск специального устройства – желонки.

Ударно-штанговый способ отличается от выше рассмотренного главным образом тем, что породоразрушающий инструмент спускается в скважину не на канате, а на системе жестких штанг. Как и ударно-канатный способ бурения, ударно-штанговый может производиться без промывки и с очисткой забоя скважины с помощью желонки, спускаемых в скважину на канате, а также с промывкой. При использовании промывки скорость бурения увеличивается до 4 раз [7].

Вращательно-ударный способ направлен на разрушение преимущественно резанием при ударной нагрузке на инструмент. Механизм резания в данном способе является определяющим, а удар имеет весьма вспомогательную роль [8]. Данный способ применяется при бурении скважин в породах IV–XII категорий по буримости. Порода, как и при вращательном бурении, разрушается за счёт окружных и осевых нагрузок на резец, но с наложением высокочастотных ударных импульсов от гидроударника. Благодаря этому происходит интенсификация разрушения пород за счет образования в породе трещин и сколов [4].

Известно, что эффект разрушения породы зависит от уровня затрачиваемой энергии, который для вращательного бурения определяется силой резания, частотой оборотов и осевой нагрузкой, а для ударного, кроме того, еще и силой и частотой ударов [10]. Основываясь на этом, вводится понятие ударно-вращательного бурения, в котором на породоразрушающий инструмент подаётся одновременно и вращение, и ударные импульсы. Частота

ударов варьируется от 1000 до 3000 в минуту. Применяется для бурения скважин в породах VI-IX, частично X категории по буримости [2].

При шароструйном бурении разрушение породы происходит за счёт ударов быстро движущихся шаров [11]. Снаряд для шароструйного бурения не требует вращения. Шары приобретают высокую скорость под действием струи жидкости, истекающей из сопла. Данный способ пригоден для бурения пород VI-X категорий. На данный момент способ не получил широкой промышленной реализации и все еще находится в стадии разработки и совершенствования.

Проведён анализ ударных способов бурения с точки зрения перспективности их применения при бурении скважин на нефть и газ. Важным критерием в данном случае является глубина бурения. Примем, что средняя глубина залегания продуктивных пластов нефти и газа составляет 2500 м. Исходя из этого, критерию глубины в некоторой степени соответствуют только ударно-вращательный и вращательно-ударные способы. Для бурения интервалов скважин глубиной до 500 м можно рассматривать также шароструйный способ. Стоит принять во внимание, что бурение шароструйным способом малоэффективно в мягких и слабосцементированных породах и может быть эффективно при бурении пород средней и высокой твердости. Ударно-канатный и ударно-штанговый способы нельзя рассматривать так как данные способы не обеспечивают высокую производительность работ.

Остановимся более подробно на ударно-вращательном, вращательно-ударном и шароструйном способах бурения.

При ударно-вращательном бурении с промывкой создается повышенная вибрационная нагрузка, что накладывает повышенные требования на прочностные характеристики низа бурильной колонны. Пульсация давления при подаче промывочной жидкости, обусловленная технологией бурения также накладывает повышенные требования и на насосное оборудование.

Ударно-вращательное бурение с продувкой производится при помощи пневмударников. Глубина и диаметр скважины при применении станка для пневмударного бурения зависят от параметров компрессора, нагнетающего воздух [3]. Применение воздуха в качестве очищающего агента накладывает некоторые ограничения. Так, на стенки скважины не создается противодействие, что может привести к осыпям и обвалам, водопроявлению. Быстрее изнашиваются муфтовые соединения бурильных труб.

Вращательно-ударное бурение может быть более перспективно, так как при этом преобладает резание, что позволит данному способу легче вписаться в традиционный комплекс оборудования для вращательного бурения горных пород.

Шароструйное бурение может быть эффективно в специфичных условиях. К примеру, в стесненных условиях, когда отсутствует возможность размещения традиционного комплекса бурового оборудования. Данный способ имеет ряд ограничений. Так, бурение с его помощью малоэффективно в мягких, в неустойчивых породах. А, как правило, такие породы присутствуют в верхних интервалах геологического разреза.

Произведенный анализ позволяет предположить, что вращательно-ударный способ бурения может оказаться эффективным при бурении скважин на нефть и газ в определенных условиях. К таким условиям стоит отнести интервалы твердых или абразивных пород, бурение которых вращательным способом сопряжено с существенным увеличением скорости износа вооружения при вращательном бурении. Возможно, может быть перспективно использование в компоновке низа бурильной колонны (КНБК) устройств для генерации ударных импульсов, который можно задействовать при прохождении определенных интервалов скважины без осуществления дополнительных спуско-подъемных операций (СПО). Высокочастотные удары способствуют развитию дополнительных напряжений и формированию трещин в твердых горных породах, что отсутствует в долотах PDC, которые, в свою очередь, имеют низкую устойчивость к ударным воздействиям. Исходя из этого, следует пересмотреть конструкцию и элементы вооружения долота.

В представленной работе дана классификация ударных способов бурения. Кратко рассмотрен каждый из способов. Произведен анализ перспективности их применения при бурении скважин на нефть и газ.

Литература

1. Власюк В.И. Бурение и опробование разведочных скважин: учебное пособие / В.И. Власюк, А.Г. Калинин, А.А. Анненков. — Москва: ЦентрЛитНефтеГаз, 2010. — 862 с.
2. Волков А.С. Вращательное бурение разведочных скважин: учебник / А.С. Волков, Б.П. Долгов, Г.И. Пономарев. — Москва: Недра, 1977. — 368 с.
3. Зварыгин В.И. Буровые станки и бурение скважин: учебное пособие / Сибирский федеральный университет (СФУ). — 2-е изд., стер. — Москва; Красноярск: Инфра-М Изд-во СФУ, 2018. — 255 с.
4. Иванов К.И. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых / К.И. Иванов, В.А. Латышев, В.Д. Андреев. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Недра, 1987. — 271 с.
5. Калинин О.И. Гидроударные буровые снаряды и установки для бурения скважин на шельфе / О. И. Калинин, П. В. Зыбинский, П. В. Каракозов. — Донецк: Вебер, 2007. — 270 с.
6. Козловский Е.А. — Москва Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин в 2 т.: / Москва: Недра, 1984 Т. 2. — 1984. — 437 с.
7. Кэйе Р. Исследование цикла ударного бурения: пер. с фр. / Р. Кэйе. — Москва: Углетехиздат, 1956. — 87 с.
8. Латышев О.Г. Разрушение горных пород / О. Г. Латышев. — Москва: Теплотехник, 2007. — 660 с.
9. Нескоромных В.В. Бурение скважин: учебное пособие / Сибирский федеральный университет (СФУ); Сибирский клуб. — Москва; Красноярск: Инфра-М Изд-во СФУ, 2015. — с. 161
10. Сулакшин С.С. Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ: учебник для вузов / С. С. Сулакшин, П. С. Чубик; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — 367 с.
11. Уваков А.Б. Шароструйное бурение. — М.: Недра, 1969. — 207 с.